



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 15 793 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
B 01 D 53/94
B 01 D 53/86
F 01 N 9/00

②① Aktenzeichen: 199 15 793.6
②② Anmeldetag: 8. 4. 1999
④③ Offenlegungstag: 19. 10. 2000

DE 199 15 793 A 1

⑦① Anmelder:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:
Voigtländer, Dirk, Dipl.-Ing., 70825
Korntal-Münchingen, DE; Hertzberg, Andreas,
Dipl.-Ing., 70374 Stuttgart, DE; Fekete, Nicholas, Dr.,
70734 Fellbach, DE

⑤⑥ **Entgegenhaltungen:**

DE	195 43 219 C1
DE	198 16 799 A1
EP	06 36 770 A1
EP	05 98 917 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Verfahren zur Desorption eines Stickoxidadsorbers einer Abgasreinigungsanlage**

⑤⑦ Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Durchführung von Desorptionsbetriebsphasen bei einem Stickoxidadsorber einer Abgasreinigungsanlage, bei dem das Luftverhältnis des dem Stickoxidadsorber zugeführten Abgases während der jeweiligen Desorptionsbetriebsphase im fetten Bereich gehalten wird.

Erfindungsgemäß wird das Abgasluftverhältnis zu Beginn der Desorptionsbetriebsphase auf einen vorgebbaren minimalen Anfangs-Fettwert eingestellt und von dort im Verlauf der Desorptionsbetriebsphase auf einen vorgebbaren, spätestens gegen Ende der Desorptionsbetriebsphase vorliegenden End-Fettwert angehoben.

Verwendung z. B. zur Desorption eines Stickoxidadsorbers einer Anlage zur Reinigung des Abgases eines mager betriebenen Kraftfahrzeug-Verbrennungsmotors.

DE 199 15 793 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Durchführung von Desorptionsbetriebsphasen bei einem Stickoxid-adsorber einer Abgasreinigungsanlage, wobei das Luftverhältnis des dem Stickoxidadsorber zugeführten Abgases während der jeweiligen Desorptionsbetriebsphase im fetten Bereich gehalten wird.

Ein solches Verfahren ist insbesondere für Abgasreinigungsanlagen von mager betriebenen Kraftfahrzeug-Verbrennungsmotoren verwendbar, die einen Stickoxidadsorber beinhalten, um die in Magerbetriebsphasen des Verbrennungsmotors meist vermehrt im Abgas vorliegenden Stickoxide adsorptiv zwischenzuspeichern und dadurch die Stickoxidemissionen zu vermindern. Während dieser Adsorptionsphasen werden die Stickoxide vom Stickoxidadsorber primär als Nitrat gebunden, wobei der Adsorber meist ein katalytisch wirksames Material enthält und in diesem Fall auch als Stickoxid-Adsorberkatalysator bezeichnet wird. Da seine Stickoxid-Speicherkapazität begrenzt ist, ist von Zeit zu Zeit die Durchführung von Regenerationsphasen, vorliegend Desorptionsbetriebsphasen genannt, notwendig, während denen die in Nitratform adsorbierten Stickoxide wieder desorbiert werden.

Es ist bekannt, beim Wechsel von Adsorptionsbetrieb zu Desorptionsbetrieb von der während des Adsorptionsbetriebs meist herrschenden mageren Abgasatmosphäre zu einer fetten, chemisch reduzierend wirkenden Abgasatmosphäre überzugehen, d. h. das Abgasluftverhältnis von einem zuvor über dem stöchiometrischen Wert eins liegenden Wert, vorliegend als Magerwert bezeichnet, auf einen unterhalb des stöchiometrischen Wertes liegenden Wert, vorliegend als Fettwert bezeichnet, rasch zu ändern. Da das Luftverhältnis auch als Lambdawert bezeichnet wird, wird dieser rasche Wechsel der Abgasatmosphäre von mager auf fett allgemein auch "Lambdasprung" genannt. Desorptionsverfahren dieser Art mit einem Lambdasprung und das daraus resultierende Abgasemissionsverhalten des Stickoxidadsorbers sowie eines die Abgase erzeugenden Kraftfahrzeug-Verbrennungsmotors sind beispielsweise in der Veröffentlichung M. S. Brogan et al., Evaluation of NO_x Storage Catalysts as an Effective System for NO_x Removal from the Exhaust of Leanburn Gasoline Engines, SAE Technical Paper Series 952490, 1995 beschrieben. In den dort vorgestellten Grundsatzuntersuchungen wird insbesondere über Desorptionsverfahren berichtet, bei denen das Abgasluftverhältnis während einer jeweiligen Desorptionsbetriebsphase, die über einen mehr oder weniger langen Zeitraum von einigen wenigen Sekunden bis in den Minutenbereich aufrechterhalten wird, auf einem vorgebbaren, konstanten Fettwert gehalten wird.

Weitere Verfahren der eingangs genannten Art, die mit einem Lambdasprung beim Wechsel von Adsorptionsbetrieb zu Desorptionsbetrieb arbeiten, sind in den Offenlegungsschriften EP 0 598 917 A1 und EP 0 636 770 A1 beschrieben. In der EP 0 598 917 A1 wird insbesondere vorgeschlagen, für die Desorption auf einen Fettwert des Abgasluftverhältnisses zu wechseln, der ebenso wie die Steilheit des zugehörigen Lambdasprungs von der Temperatur des Abgases und damit des Stickoxidadsorbers abhängig festgelegt wird. Des weiteren sind in diesen beiden Druckschriften Methoden zur Detektion beschrieben, wann eine Regeneration des Stickoxidadsorbers notwendig ist. Dies kann z. B. mit dem Signal eines stromabwärts des Stickoxidadsorbers angeordneten Stickoxidsensors oder über eine Berechnung der im Stickoxidadsorber gespeicherten Stickoxidmenge und den Vergleich der berechneten Menge mit einer maximal zulässigen Stickoxidspeichermenge erfolgen, wozu mittels einer

Lambdasonde das Abgasluftverhältnis stromabwärts des Stickoxidadsorbers erfaßt werden kann.

Bei der vorliegenden Art der Desorption des Stickoxidadsorbers treten als Schwierigkeiten vor allem auf, daß es zu Beginn der Desorptionsbetriebsphase zu sogenannten Stickoxid-Durchbrüchen, wenn der Desorptionsbetrieb nicht rechtzeitig mit ausreichend viel Reduktionsmittel gestartet wird, und gegen Ende der Desorption zu einem unerwünschten Reduktionsmittelschlupf kommen kann. Letzterer stellt eine unerwünschte Emission von Reduktionsmitteln mit dem Abgas dar, wenn der Desorptionsbetrieb nicht rechtzeitig beendet wird, während dem solche Reduktionsmittel z. B. in Form von unverbrannten Kohlenwasserstoffen und Kohlenmonoxid oder von extern in den Abgasstrang zudosiertem Harnstoff bzw. Ammoniak im Abgas vorliegen. Der Reduktionsmittelschlupf beeinflusst sowohl den Kraftstoffverbrauch für die Verbrennungsquelle als auch die Schadstoffemissionen negativ. Er wird um so größer, je länger die Desorptionsbetriebsphase über die tatsächlich notwendige Dauer hinausgeht und je kleiner das Abgasluftverhältnis in diesem Zeitraum der Desorptionsbetriebsphase ist.

Der Erfindung liegt als technisches Problem die Bereitstellung eines Desorptionsverfahrens der eingangs genannten Art zugrunde, mit dem sich der Stickoxidadsorber mit relativ geringen Stickoxiddurchbruch- und Reduktionsmittelschlupferscheinungen regenerieren läßt.

Die Erfindung löst dieses Problem durch die Bereitstellung eines Desorptionsverfahrens mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Bei diesem Verfahren wird das Abgasluftverhältnis zu Beginn der Desorptionsbetriebsphase auf einen vorgebbaren minimalen Anfangs-Fettwert eingestellt und von dort im Verlauf der Desorptionsbetriebsphase auf einen vorgebbaren, spätestens gegen Ende der Desorptionsbetriebsphase vorliegenden End-Fettwert angehoben. Dies bedeutet, daß der End-Fettwert im fetten, d. h. sauerstoffarmen Lambdawertbereich näher am stöchiometrischen Wert eins liegt als der Anfangs-Fettwert. Das anfängliche Einstellen eines relativ fetten Abgasluftverhältnisses hat die erwünschte Folge, daß beim Wechsel vom Adsorptions- zum Regenerationsbetrieb möglichst schnell viel Reduktionsmittel bereitgestellt wird, wodurch sich Stickoxiddurchbrüche, d. h. unerwünschte Stickoxidemissionen durch zu langsames Bereitstellen von ausreichend Reduktionsmittel bei Erreichen des vollen Stickoxid-Beladungszustands des Stickoxidadsorbers, verringern oder ganz vermeiden lassen. Der Übergang zu einem weniger fetten Abgasluftverhältnis spätestens gegen Ende der Desorptionsbetriebsphase hat den Vorteil, daß ein unerwünschter Reduktionsmittelschlupf beim Übergang zur nächsten Adsorptionsbetriebsphase minimiert oder ganz vermieden werden kann. Denn dieser Reduktionsmittelschlupf, der auftritt, wenn die Desorptionsbetriebsphase über ihre eigentlich notwendige Zeitdauer hinweg aufrechterhalten wird und dann nicht mehr ausreichend Stickoxide desorbiert werden, welche die Reduktionsmittel binden, ist um so geringer, je näher das fette Abgasluftverhältnis in diesem Zeitraum am stöchiometrischen Wert liegt.

Bei einem nach Anspruch 2 weitergebildeten Verfahren wird der Anfangs-Fettwert in Abhängigkeit vom Betriebszustand der das zu reinigende Abgas emittierenden Verbrennungsquelle variabel vorgegeben. Dadurch kann z. B. die Einstellung eines zu fetten Abgasluftverhältnisses im gegebenen Betriebszustand der Verbrennungsquelle vermieden werden, was bei einem Verbrennungsmotor ansonsten dessen Laufruhe beeinträchtigen und Rußbildung verursachen könnte.

Es zeigt sich, daß die Einstellung des Anfangs-Fettwertes und des End-Fettwertes innerhalb der hierzu in Weiterbil-

dung der Erfindung im Anspruch 3 angegebenen Wertebereiche zu günstigen Ergebnissen führt.

Bei einem nach Anspruch 4 weitergebildeten Verfahren wird für die jeweilige Desorptionsbetriebsphase anhand hierfür relevanter Daten eine theoretische Mindestdesorptionsdauer ermittelt, und das Abgasluftverhältnis wird dann höchstens während einer Zeitdauer auf dem minimalen Anfangs-Fettwert gehalten, die dieser theoretischen Mindestdesorptionsdauer abzüglich einer Leistungsnachregeldauer entspricht, die benötigt wird, diese Abgasluftverhältnisänderung für die Leistungsabgabe der Verbrennungsquelle neutral durchzuführen, d. h. ohne daß die Abgasluftverhältnisänderung von einer unerwünschten Änderung der Leistungsabgabe der Verbrennungsquelle, z. B. des von einem Verbrennungsmotor abgegebenen Drehmoments, begleitet wird. Diese Vorgehensweise trägt der Tatsache Rechnung, daß eine solche leistungsneutrale Abgasluftverhältnisänderung, die in aller Regel eine entsprechende Änderung der Betriebsparameter der Verbrennungsquelle bedingt, nicht instantan möglich ist, sondern hierfür die besagte Leistungsnachregeldauer erforderlich ist.

Des weiteren läßt sich durch das so weitergebildete Verfahren das anfängliche, am stärksten fette Abgasluftverhältnis über eine möglichst lange Zeitdauer hinweg beibehalten, was die zur Desorption des Stickoxidadsorbers insgesamt notwendige Zeitdauer kurz hält, ohne daß andererseits die Gefahr droht, daß der Desorptionsbetrieb mit diesem fetten Abgasluftverhältnis zu lange beibehalten wird und einen merklichen Reduktionsmittelschlupf verursacht. Denn dazu wird der Desorptionsbetrieb mit dem am stärksten fetten, anfänglichen Abgasluftverhältnis nur für die theoretische Mindestdesorptionsdauer beibehalten, die in jedem Fall für die Desorption der am Ende der vorangegangenen Adsorptionsbetriebsphase im Stickoxidadsorber vorliegenden Stickoxidmenge benötigt wird.

In einer weiteren Ausgestaltung dieser Maßnahme ist gemäß Anspruch 5 eine Sicherheitszeitdauer vorgesehen, um die das Abgasluftverhältnis früher als gemäß der theoretischen Mindestdesorptionsdauer und der Leistungsnachregeldauer erforderlich vom minimalen Anfangs-Fettwert aus angehoben wird, um sicherzustellen, daß bei Erreichen des End-Fettwertes noch desorbierte, zu reduzierende Stickoxide vorliegen, so daß kein merklicher Reduktionsmittelschlupf auftritt. Die Sicherheitszeitdauer wird vorzugsweise abhängig vom Betriebszustand der Verbrennungsquelle variabel gewählt, so daß der Desorptionsbetrieb für den jeweiligen Betriebszustand brennstoffverbrauchsoptimal ablaufen kann.

Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden nachfolgend beschrieben. Hierbei zeigen:

Fig. 1 eine schematische zeitabhängige Diagrammdarstellung des Abgasluftverhältnisses während einer Desorptionsbetriebsphase mit anfänglichem Lambdasprung und allmählicher Anhebung auf ein weniger fettes Abgasluftverhältnis,

Fig. 2 ein Diagramm des Abgasluftverhältnisses in Abhängigkeit von der Zeit zur Veranschaulichung eines Desorptionsverfahrens mit Beibehaltung des anfänglichen fetten Abgasluftverhältnisses für eine berechnete Zeitdauer und

Fig. 3 bis 6 Abgasluftverhältnis-Zeit-Diagramme zur Veranschaulichung weiterer verschiedener Möglichkeiten der Einstellung des Abgasluftverhältnisses während einer Desorptionsbetriebsphase.

In den gezeigten Diagrammen der **Fig. 1** bis **6** sind verschiedene Verfahrensrealisierungen zur Durchführung von Desorptionsbetriebsphasen bei einem Stickoxidadsorber ei-

ner Abgasreinigungsanlage illustriert, die sich insbesondere im zeitlichen Verlauf des während des Desorptionsbetriebs gewählten Abgasluftverhältnisses λ unterscheiden, das jeweils zeitabhängig schematisch abgetragen ist. Dabei ist ohne Beschränkung der Allgemeinheit angenommen, daß vor dem Zeitpunkt t_a des Beginns der jeweils gezeigten Desorptionsbetriebsphase und nach dem Zeitpunkt t_e der Beendigung dieser Desorptionsbetriebsphase die Verbrennungsquelle, z. B. ein Kraftfahrzeug-Verbrennungsmotor, mager betrieben wird, so daß ein entsprechend mageres Abgasluftverhältnis λ_M vorliegt, das über dem stöchiometrischen Wert eins liegt. In diesen Betriebsphasen befindet sich der Stickoxidadsorber im Adsorptionsbetrieb, in dem er die dann vermehrt im Abgas anfallenden Stickoxide adsorptiv zwischenspeichert, meist in Nitraform.

Zur Einleitung der Desorptionsbetriebsphase wird das Abgasluftverhältnis λ von diesem Magerwert λ_M auf einen bestimmten minimalen Anfangs-Fettwert λ_{min} abgesenkt. Die Realisierung dieses Lambdasprungs erfolgt in herkömmlicher Weise z. B. durch entsprechende Anfeuchtung des von der Verbrennungsquelle verbrannten Luft/Kraftstoff-Gemischs und/oder eine Reduktionsmitteleinspritzung in den Abgastrakt stromaufwärts des Stickoxidadsorbers. Anschließend wird während einer entsprechenden Zeitdauer $t_d = t_e - t_a$ der Desorptionsbetrieb durchgeführt, während dem das Abgasluftverhältnis λ im fetten Bereich, d. h. unter dem stöchiometrischen Wert eins, gehalten wird. Dann wird wieder auf den normalen Magerbetrieb der Verbrennungsquelle und folglich vom Desorptionszum Adsorptionsbetrieb des Stickoxidadsorbers übergegangen. Während der Desorptionsbetriebsphase wird das Abgasluftverhältnis λ vom anfänglichen minimalen Fettwert λ_{min} bis auf einen End-Fettwert λ_{end} angehoben, der spätestens zum Endzeitpunkt t_e der Desorptionsbetriebsphase vorliegt und noch im fetten Bereich liegt, jedoch deutlich näher am stöchiometrischen Wert eins als der anfängliche minimale Fettwert λ_{min} .

Zu Beginn t_a des Desorptionsbetriebs ist einerseits eine möglichst starke Absenkung des Abgasluftverhältnisses λ , d. h. die Bereitstellung von möglichst viel Reduktionsmittel, erwünscht, um jegliche Stickoxiddurchbrüche bei der Umschaltung von Adsorptions- auf Desorptionsbetrieb zu vermeiden. Andererseits ist die Absenkung des Abgasluftverhältnisses λ dadurch limitiert, daß eine zu starke Absenkung die Gefahr der Rußbildung hervorruft und im Fall eines Verbrennungsmotors dessen Laufruhe beeinträchtigt. Der anfängliche minimale Fettwert λ_{min} wird daher in Abhängigkeit von den konkreten Gegebenheiten der gegebenen Verbrennungsquelle und von deren momentanem Betriebspunkt gewählt, wobei sich zeigt, daß der minimale Fettwert λ_{min} bevorzugt im Bereich zwischen etwa 0,6 und etwa 0,7 liegt. Ein sehr schnelles Einstellen dieses minimalen Luftverhältnisses λ_{min} führt zu einem großen Reduktionsmittelstrom und auf diese Weise zur gewünschten Minimierung eventueller Stickoxiddurchbrüche.

Der weiteren Wahl des Abgasluftverhältnisses nach begunnenem Desorptionsbetrieb liegen folgende Überlegungen zugrunde. Einerseits ermöglicht eine Beibehaltung des minimalen Fettwertes λ_{min} während des Desorptionsbetriebs eine möglichst schnelle Regeneration des Stickoxidadsorbers und hat nur einen minimalen Kraftstoffmeherverbrauch zur Folge. Andererseits ist, wenn der Desorptionsbetrieb aus regelungstechnischen Gründen, insbesondere aufgrund prozeßbedingter Totzeiten, zu lang andauert, der auftretende Reduktionsmittelschlupf groß, wenn das Abgasluftverhältnis zu diesem Zeitpunkt noch stark im fetten Bereich liegt. Der Reduktionsmittelschlupf beeinflusst die Gesamtemissionen negativ, da hierbei z. B. unverbrannte Kohlenwasserstoffe und Kohlenmonoxid als Schadstoffe emittiert werden.

Es ist daher günstig, das Abgasluftverhältnis spätestens gegen Ende der Desorptionsbetriebsphase vom anfänglichen minimalen Fettwert λ_{\min} auf den näher am stöchiometrischen Wert eins liegenden End-Fettwert λ_{end} anzuheben, beispielsweise spätestens dann, wenn die kritische Zeitdauer des Luftverhältnisseswechsels von mager nach fett überwunden ist, während der ein Stickoxiddurchbruch auftreten kann. **Fig. 1** zeigt einen prinzipiell möglichen zeitlichen Verlauf λ_1 des Luftverhältnisses, der diesen Überlegungen Rechnung trägt und in diesem Fall eine konkave Kurvenform hat. Der End-Fettwert λ_{end} wird in jedem Fall so gewählt, daß er noch ausreichend weit vom stöchiometrischen Wert eins entfernt im fetten Bereich liegt, um dem Stickoxidadsorber noch genügend Reduktionsmittel zuzuführen und die Regeneration vollständig und schnell ablaufen zu lassen. Es zeigt sich, daß dabei ein End-Fettwert λ_{end} im Bereich zwischen etwa 0,85 und etwa 0,95 zu besonders befriedigenden Resultaten führt, wengleich auch kleinere oder größere End-Fettwerte λ_{end} Prinzipiell geeignet sind. Wenn die Regenerationsphase nun aus regelungstechnischen Gründen etwas zu lang andauert, so bleibt der daraus resultierende Reduktionsmittelschlupf relativ klein, da durch das näher am stöchiometrischen Wert eins liegende End-Luftverhältnis λ_{end} in diesem Zeitraum nicht mehr soviel Reduktionsmittel im Abgas enthalten ist wie bei Einstellung des minimalen Fettwertes λ_{\min} .

Fig. 2 veranschaulicht eine Strategie zur Einstellung des Abgasluftverhältnisses λ während der Desorptionsbetriebsphase, bei der nicht so frühzeitig wie im Beispiel von **Fig. 1** das Abgasluftverhältnis λ vom minimalen Anfangs-Fettwert λ_{\min} in Richtung des End-Fettwertes λ_{end} angehoben wird. Vielmehr wird das minimale Abgasluftverhältnis λ_{\min} für eine geeignete, längere Zeitdauer aufrechterhalten, was den Brennstoffmehrerverbrauch vergleichsweise gering hält. Diese Vorgehensweise beruht auf der Berechnung einer theoretischen Mindestregenerationsdauer t_{tm} , d. h. der je nach gewähltem Verlauf des Abgasluftverhältnisses λ mindestens zu erwartenden Zeitdauer bis zur im wesentlichen vollständigen Regeneration des Stickoxidadsorbers. Diese Berechnung der theoretischen Mindestregenerationsdauer kann in einer der hierfür dem Fachmann geläufigen Weisen erfolgen, wie sie z. B. im eingangs erwähnten Stand der Technik beschrieben sind. Sie ist beispielsweise durch eine Modellierung der Stickoxid-Rohemissionen der Verbrennungsquelle sowie dem Adsorptions- und Desorptionsverhalten des verwendeten Stickoxidadsorbers möglich. Bei Bedarf kann das Ende der jeweiligen Desorptionsbetriebsphase meßtechnisch z. B. anhand des Signals einer stromabwärts des Stickoxidadsorbers angeordneten Lambdasonde bestimmt und damit eine Anpassung des verwendeten Rechenmodells an die tatsächlich gemessenen Verhältnisse vorgesehen werden.

Zu Beginn einer Desorptionsbetriebsphase wird somit bei dem in **Fig. 2** illustrierten Verfahren wiederum zunächst das unter der Bedingung eines ungestörten weiteren Betriebs der Verbrennungsquelle minimal mögliche Luftverhältnis λ_{\min} eingestellt und gleichzeitig die theoretische Mindestregenerationsdauer t_{tm} für die anstehende Desorptionsbetriebsphase berechnet. Um den Wechsel vom minimalen Luftverhältnis λ_{\min} zum Luftverhältnis λ_{end} am Ende der Desorptionsbetriebsphase für die Verbrennungsquelle leistungsnutral, im Fall eines Verbrennungsmotors drehmomentneutral, zu regeln, ist eine gewisse Leistungsnachregeldauer t_{reg} erforderlich, d. h. bei einem Verbrennungsmotor eine Mindestdauer, die einer gewissen Mindestanzahl von Arbeitspielen entspricht. Damit die Desorptionsbetriebsphase mit möglichst geringem Brennstoffmehrerverbrauch bewirkt werden kann, wird daher das minimale Luftverhältnis λ_{\min}

höchstens für die theoretisch notwendige Mindestregenerationsdauer t_{tm} abzüglich dieser Leistungsnachregeldauer t_{reg} für den Lambdawechsel beibehalten. Bei Änderungen des Luftverhältnisses λ während der Desorption gegenüber den Annahmen bei der Berechnung der theoretischen Mindestregenerationsdauer t_{tm} wird letztere laufend durch entsprechende Neuberechnung angepaßt. Der sich bei dieser Vorgehensweise ergebende Verlauf des Abgasluftverhältnisses λ während der Desorptionsbetriebsphase ist in **Fig. 2** durch eine Kennlinie λ_2 repräsentiert. Wie daraus ersichtlich, wird nach Erreichen des End-Fettwertes λ_{end} der Desorptionsbetrieb noch für eine gewissen Zeitdauer t_s beibehalten, während der überprüft werden kann, ob die Desorption des Stickoxidadsorbers auch tatsächlich schon vollständig erfolgt ist, bevor dann die Desorptionsbetriebsphase durch Übergang zum Magerbetrieb der Verbrennungsquelle beendet wird und der Stickoxidadsorber wieder im Adsorptionsbetrieb arbeitet.

Um zu vermeiden, daß eine eventuelle geringfügige Fehlberechnung der Mindestregenerationsdauer t_{tm} zu einem verspäteten Erreichen des End-Fettwertes λ_{end} und damit zu einem Reduktionsmittelschlupf führt, ist bevorzugt vorgesehen, den Beginn der Anhebung des Abgasluftverhältnisses um eine Sicherheitszeitdauer t_c vorzulegen, d. h. das minimale Luftverhältnis λ_{\min} wird für einen Zeitraum $t_{\text{tm}} = t_{\text{tm}} - t_{\text{reg}} - t_c$ beibehalten, welcher der berechneten Mindestregenerationsdauer t_{tm} abzüglich der Leistungsnachregeldauer t_{reg} und abzüglich der Sicherheitszeitdauer t_c entspricht. Dabei wird die Sicherheitszeitdauer t_c als eine applizierbare Größe vorgegeben, die in Abhängigkeit von den konkreten Bedingungen der Verbrennungsquelle, bei einem Kraftfahrzeugmotor z. B. abhängig von den Motorbedingungen und dem Fahrzustand, variabel gewählt werden kann. Die gemäß dieser Variante erfolgende Anhebung des Abgasluftverhältnisses λ ist in **Fig. 2** anhand einer strichpunktierten Kennlinie λ_3 repräsentiert.

Die in **Fig. 2** illustrierte Vorgehensweise, die von einer berechneten Mindestregenerationsdauer Gebrauch macht, gewährleistet eine Minimierung des Reduktionsmittelschlupfes am Ende der Desorptionsbetriebsphase und einen brennstoffverbrauchsoptimalen Ablauf der Desorption des Stickoxidadsorbers.

Neben den in den **Fig. 1** und **2** gezeigten konkaven Kurvenverläufen des Abgasluftverhältnisses λ kann letzteres auch gemäß anderen funktionellen Zeitabhängigkeiten vom minimalen Fettwert λ_{\min} auf den End-Fettwert λ_{end} angehoben werden. Einige diesbezügliche Möglichkeiten sind in den **Fig. 3** bis **6** dargestellt.

Im Beispiel von **Fig. 3** erfolgt eine sprunghafte, einstufige Anhebung des Abgasluftverhältnisses λ gemäß einer Treppenkurve λ_4 . Demnach wird das Abgasluftverhältnis λ für eine anfängliche Zeitdauer t_1 auf dem minimalen Fettwert λ_{\min} gehalten, bevor es sprunghaft auf den End-Fettwert λ_{end} angehoben und dort für die restliche Zeitdauer t_2 der Desorptionsbetriebsphase gehalten wird.

Im Beispiel von **Fig. 4** erfolgt die Anhebung des Abgasluftverhältnisses λ gemäß einer mehrstufigen Treppenfunktion λ_5 in mehreren Stufen, bis es zu einem gewissen Zeitpunkt t_z während der Desorptionsbetriebsphase den End-Fettwert λ_{end} erreicht hat und dort bis zum Ende der Desorptionsbetriebsphase gehalten wird.

Fig. 5 veranschaulicht ein Verfahrensbeispiel, bei dem das Abgasluftverhältnis λ gemäß einer Geraden λ_6 linear vom minimalen Anfangs-Fettwert λ_{\min} auf den End-Fettwert λ_{end} angehoben wird.

Fig. 6 zeigt ein Verfahrensbeispiel, bei dem das Abgasluftverhältnis λ während der Desorptionsbetriebsphase gemäß einer konvexen Kurve λ_7 vom Anfangs-Fettwert λ_{\min}

auf den End-Fettwert λ_{end} angehoben wird.

Die verschiedenen, oben beschriebenen Ausführungsbeispiele verdeutlichen, daß sich durch das erfindungsgemäße Verfahren ein Stickoxidadsorber in einer vorteilhaften Weise regenerieren läßt, indem zu Beginn des Desorptionsvorgangs das Abgasluftverhältnis rasch auf einen minimalen Fettwert abgesenkt wird, so daß sofort ausreichend Reduktionsmittel zur Verfügung steht, um einen Stickoxiddurchbruch zu vermeiden, und im weiteren Verlauf der Desorptionsbetriebsphase das Luftverhältnis auf einen näher am stöchiometrischen Wert eins liegenden Endwert λ_{end} angehoben wird, so daß selbst bei einer geringfügigen Überschreitung der eigentlich notwendigen Desorptionsdauer kein signifikanter Reduktionsmittelschlupf auftritt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Durchführung von Desorptionsbetriebsphasen bei einem Stickoxidadsorber einer Abgasreinigungsanlage, insbesondere für einen Kraftfahrzeug-Verbrennungsmotor, bei dem

- das Luftverhältnis (λ) des dem Stickoxidadsorber zugeführten Abgases während der jeweiligen Desorptionsbetriebsphase im fetten Bereich gehalten wird,

dadurch gekennzeichnet, daß

- das Abgasluftverhältnis (λ) zu Beginn der Desorptionsbetriebsphase auf einen vorgebbaren minimalen Anfangs-Fettwert (λ_{min}) eingestellt und von dort im Verlauf der Desorptionsbetriebsphase auf einen vorgebbaren, spätestens gegen Ende der Desorptionsbetriebsphase vorliegenden End-Fettwert (λ_{end}) angehoben wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, weiter dadurch gekennzeichnet, daß der Anfangs-Fettwert (λ_{min}) in Abhängigkeit vom Betriebszustand der das zu reinigende Abgas emittierenden Verbrennungsquelle variabel vorgegeben wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, weiter dadurch gekennzeichnet, daß der Anfangs-Fettwert (λ_{min}) im Bereich zwischen etwa 0,6 und etwa 0,7 und/oder der End-Fettwert (λ_{end}) im Bereich zwischen etwa 0,85 und etwa 0,95 liegend vorgegeben werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, weiter dadurch gekennzeichnet, daß

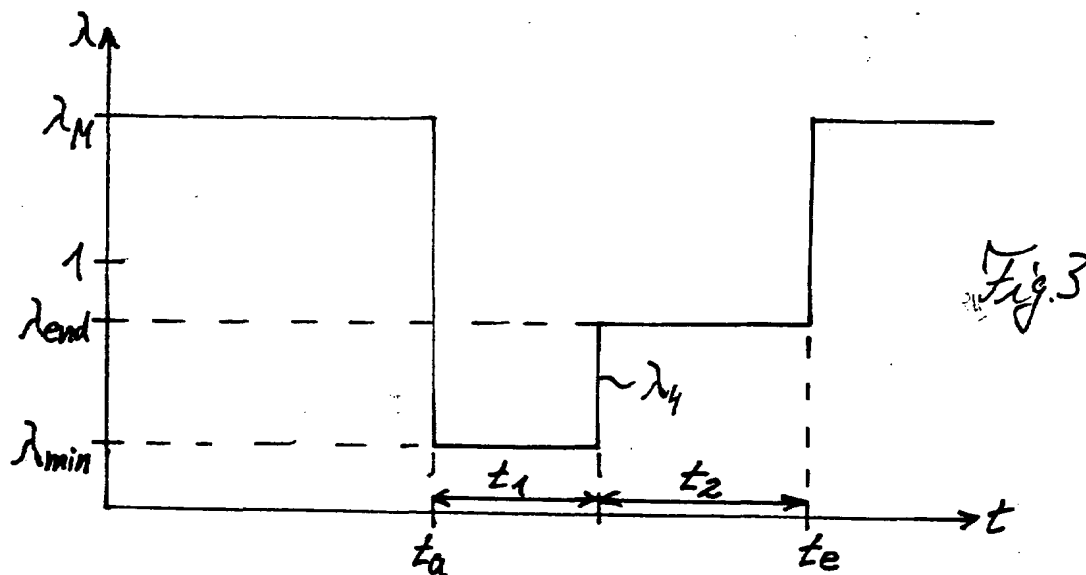
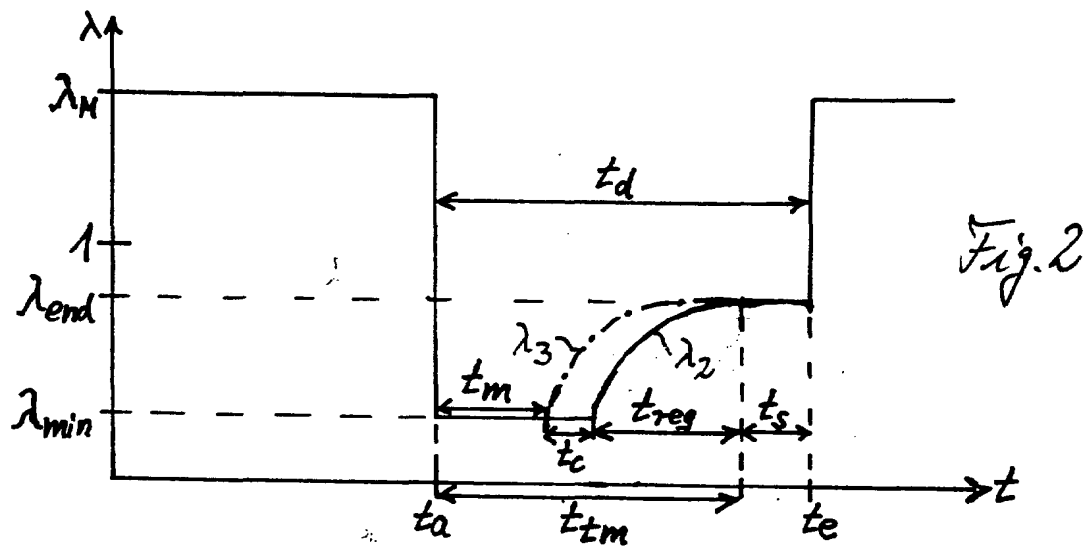
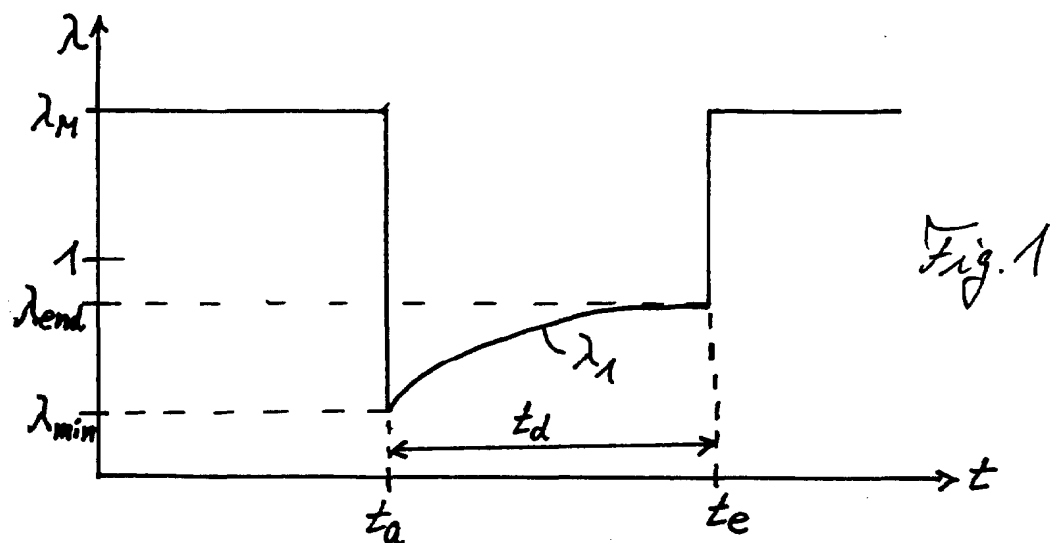
- für die jeweilige Desorptionsbetriebsphase eine theoretische Mindestdesorptionsdauer (t_{tm}) anhand empirischer und/oder modellierter Daten über das Stickoxidemissionsverhalten der das Abgas emittierenden Verbrennungsquelle und über das Adsorptions- und Desorptionsverhalten des Stickoxidadsorbers ermittelt wird, und
- das Abgasluftverhältnis (λ) höchstens während einer Zeitdauer auf dem minimalen Anfangs-Fettwert (λ_{min}) gehalten wird, die der ermittelten theoretischen Mindestdesorptionsdauer abzüglich einer Leistungsnachregeldauer (t_{reg}) entspricht, die benötigt wird, diese Abgasluftverhältnisänderung für die Leistungsabgabe der Verbrennungsquelle neutral durchzuführen.

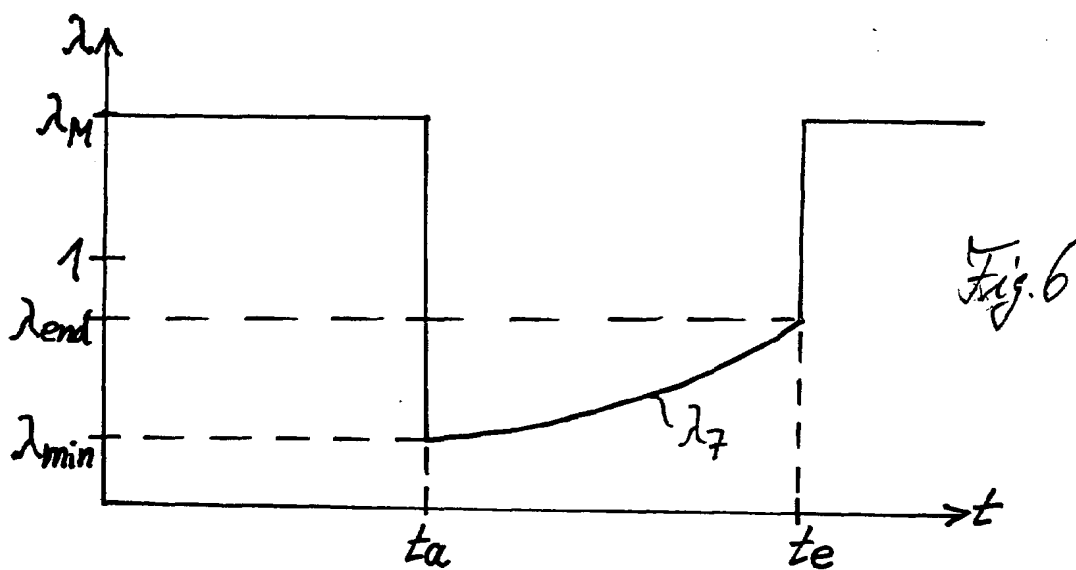
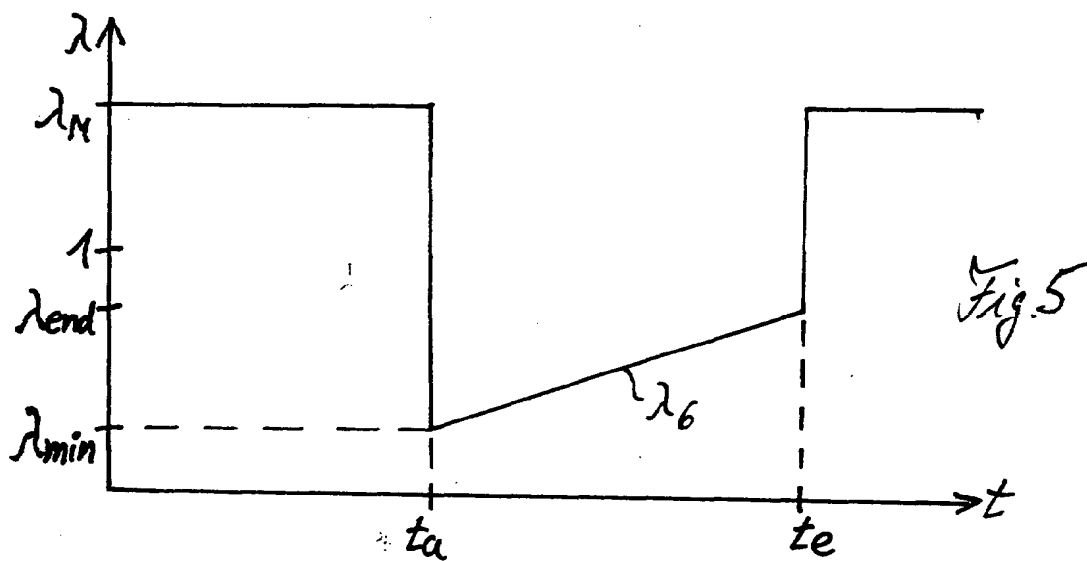
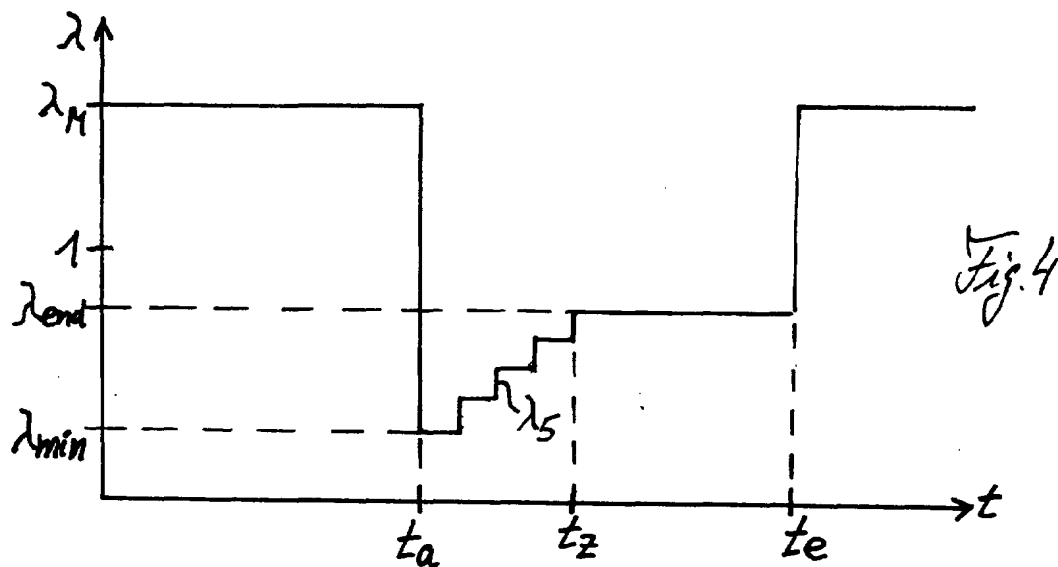
5. Verfahren nach Anspruch 4, weiter dadurch gekennzeichnet, daß das Abgasluftverhältnis (λ) für eine Zeitdauer (t_{m}) auf dem minimalen Anfangs-Fettwert (λ_{min}) gehalten wird, die der ermittelten theoretischen Mindestdesorptionsdauer (t_{tm}) abzüglich der Leistungsnachregeldauer (t_{reg}) und abzüglich einer vorgebbaren

Sicherheitszeitdauer (t_{a}) entspricht.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -







Description of DE19915793

Print

Copy

Contact Us

Close

Result Page

Notice: This translation is produced by an automated process; it is intended only to make the technical content of the original document sufficiently clear in the target language. This service is not a replacement for professional translation services. The esp@cenet® Terms and Conditions of use are also applicable to the use of the translation tool and the results derived therefrom.

The invention refers to a method for the execution of desorption operating phases with a nitrogen oxide adsorbent of an exhaust-gas recycling plant, whereby the air ratio the nitrogen oxide adsorbent of the supplied exhaust gas becomes held during the respective desorption operating phase in the fat range.

Such a method is in particular more useful for exhaust-gas recycling plants of lean operated motor vehicle internal combustion engines, which contain a nitrogen oxide adsorbent, in order to buffer the nitrogen oxides adsorptive present usually increased in lean operating phases of the internal combustion engine in the exhaust gas and to decrease thus the nitrogen oxide missions. During these adsorption phases the nitrogen oxides of the nitrogen oxide adsorbent become primary bound as nitrate, whereby the adsorber contains usually a catalytic active material and in this case also as nitrogen oxide adsorber catalyst referred becomes. Since its nitrogen oxide storage capacity is limited, from time to time the execution of regeneration phases, present desorption operating phases mentioned, is necessary, become again desorbed during which the nitrogen oxides adsorbed in nitrate form.

It is known to change over with the change from adsorption enterprise to desorption enterprise from the lean exhaust atmosphere usually dominant during the adsorption enterprise to a fat, chemical reducing acting exhaust atmosphere D. h. the exhaust air relationship of one before over the stoichiometric value one located value, present as lean value referred to change on a value, a present as fat value referred located below the stoichiometric value, a rapid. Since the air ratio becomes also referred as Lambdawert, this rapid change of the exhaust atmosphere of lean on fat general also "Lambdasprung" mentioned becomes. Desorption procedures of this type with a Lambdasprung and the waste gas emission behavior of the nitrogen oxide adsorbent resultant from it as well as the exhaust gases of producing motor vehicle internal combustion engine are for example in the publication M. S. Brogan et al., evaluation OF NOx STORAGE Catalysts as at Effective system for NOx rem-oval from the Exhaust OF Leanburn Gasoline Engines, SOWS Technical PAPER Series 952490, 1995 described. In presented the principle investigations the there in particular reported becomes over desorption procedures, held with which the exhaust air relationship becomes during a respective desorption operating phase, which will more or less maintain long time of some few seconds into the minute range over one, on a predeterminable, constant fat value.

Other methods that initially mentioned type, which work with a Lambdasprung at the change from adsorption enterprise to desorption enterprise, are in the Patent Laid opens EP 0,598,917 A1 and EP 0,636,770 A1 described. In the EP 0,598,917 A1 will proposed in particular to change for the desorption on a fat value of the exhaust air relationship which becomes just like the slope of the associated Lambdasprungs of the temperature of the exhaust gas and thus the nitrogen oxide adsorbent dependent fixed. The other methods are described to the detection in these two documents, when a regeneration of the nitrogen oxide adsorbent is necessary. This knows z. B. with the signal downstream the nitrogen oxide adsorbent of disposed nitrogen oxide sensor or by a calculation of the nitrogen oxide quantity stored in the nitrogen oxide adsorbent and the comparison of the calculated amount with a maximum allowable nitrogen oxide memory quantity it is made to which detected by means of a Lambdasonde the exhaust air relationship can become downstream the nitrogen oxide adsorbent.

With the present type of the desorption of the nitrogen oxide adsorbent it appears as difficulties above all that it can come to beginnings of the desorption operating phase to so called nitrogen oxide breakthroughs, if the desorption enterprise does not become punctual started with sufficient much reducing agent and against end of the desorption to an undesirable reducing agent slip. The latter represents an undesirable emission of reducing agents with the exhaust gas, if the desorption enterprise does not become in time terminated, during such reducing agents the z. B. in the form of unburnt hydrocarbons and carbon monoxide or of external urea metered into the exhaust strand and/or. Ammonia in the exhaust gas are present. The reducing agent slip affected both the fuel consumption for the source of burn and the pollutant emissions negative. It becomes around so large, the per prolonged desorption operating phase over the actual necessary durations goes out and the per small exhaust air relationship in this period of the desorption operating phase is.

The invention is the basis as technical problem the provision of a desorption procedure that initially mentioned type, with which the nitrogen oxide adsorbent with relative small nitrogen oxide break-through and reducing agent slip features can be regenerated.

The invention solves this problem by the provision of a desorption procedure with the features of the claim 1. With this method the exhaust air relationship to beginnings of the desorption operating phase becomes adjusted on a predeterminable minimum initial fat value and from there in the course of the desorption operating phase on a predeterminable, at the latest END fat value raised present against end of the desorption operating phase. This means that the END fat value in grease, D. h. oxygen-poor Lambdawertbereich more near at the stoichiometric value one lies than the initial fat value. Initial adjusting of a relative fat exhaust air relationship has the desired sequence that becomes provided with the change from the adsorption to the regeneration enterprise as rapid much a reducing agent as possible, whereby itself nitrogen oxide break-through features, D. h. undesirable nitrogen oxide missions by to slow making available of sufficient reducing agent with reaching the full nitrogen oxide loading condition of the nitrogen oxide adsorbent, to reduce or avoid leave whole. The transition to fewer fat exhaust air relationship at the latest against end the desorption operating phase has the advantage that an undesirable reducing agent slip can become whole avoided with the transition the next adsorption operating phase minimized or. Because this reducing agent slip, which arises, if the desorption operating phase will away maintain sufficient nitrogen oxides desorbed over its actual necessary period and then any longer to become, which bind the reducing agents, is not all the smaller, the more near the fat exhaust air relationship in this period because of the stoichiometric value is.

With according to claim 2 trained further methods the initial fat value becomes a predetermined variable in dependence of the operation state the exhaust gas which can be cleaned of the emissive source of burn. Thus z can. B. the adjustment of a too fat exhaust air relationship in the given operation state of the source of burn avoided become, which could impair its quiet running with an internal combustion engine otherwise and cause soot formation.

It is shown that the adjustment of the initial fat value and the END fat value leads 3 indicated ranges of values within for this in development the invention in the claim to favourable results.

With according to claim 4 trained further methods the respective becomes desorption operating phase on the basis for this relevant data a theoretical minimum desorption duration determined for, and the exhaust air relationship becomes then at the most held during a period on the minimum initial fat value, which corresponds to this theoretical minimum desorption duration less one achievement readjusting duration, which required will to accomplish this change of exhaust air relationship for the power output of the source of burn neutral D. h. without the change of exhaust air relationship of an undesirable change of the power output of the source of burn, z. B. the torque delivered by an internal combustion engine, accompanied becomes. This proceeding carries calculation for the fact that such a achievement-neutral change of exhaust air relationship, which is in all rule a corresponding change of the operating parameters of the source of burn conditional, not instantan possible, but for this the mentioned achievement readjusting duration required is.

The other leaves itself by in such a way trained further method initial, most strongly fat exhaust air relationship over one long time away as maintained as possible, which holds altogether the period short necessary to the desorption of the nitrogen oxide adsorbent, without on the other hand the risk threatens that the desorption enterprise with this fat exhaust air relationship to prolonged is maintained and a significant reducing agent slip caused. Because in addition the desorption enterprise with at the strongest fat, initial exhaust air relationship only for the theoretical minimum desorption

duration is maintained, which becomes required in each case for the desorption of the nitrogen oxide quantity present at the end of the preceding adsorption operating phase in the nitrogen oxide adsorbent.

In an other embodiment of this measure according to claim 5 is earlier one safety time duration provided, in order those the exhaust air relationship as in accordance with the theoretical minimum desorption duration and the achievement readjusting duration required of the minimum initial fat value from raised will, in order to guarantee that with reaching the END fat value of still desorbed, nitrogen oxides which can be reduced to be present, so that no significant reducing agent slip arises. The safety time duration becomes a preferably dependent selected variable of the operation state of the source of burn, so that the desorption enterprise for the respective operation state fuel consumption-optimum can run off.

Favourable embodiments of the invention are in the designs shown and become subsequent described. Here show:

Fig. 1 a schematic time-dependent diagram representation of the exhaust air relationship during a desorption operating phase with initial Lambdasprung and gradual elevation on fewer fats an exhaust air relationship,

Fig. 2 a diagram of the exhaust air relationship in dependence from the time to the illustration of a desorption procedure with retention of the initial fat exhaust air relationship for a calculated period and

Fig. 3 to 6 exhaust air relationship time diagrams to the illustration other various possibilities of the adjustment of the exhaust air relationship during a desorption operating phase.

In the diagrams shown of the Fig. 1 to 6 are various procedure realizations for the execution of desorption operating phases with a nitrogen oxide adsorbent of an exhaust-gas recycling plant illustrated, which in particular differ in the time course of the exhaust air relationship selected during the desorption enterprise lambda, which is time-dependently in each case schematic removed. Believed is without limitation of the public that before the time TA of the beginning of the desorption operating phase and after the time of width unit of the completion of this desorption operating phase the source of burn, z, shown in each case. B. a motor vehicle internal combustion engine, lean operated becomes, so that a corresponding lean exhaust air relationship is present lambda M, which lies over the stoichiometric value one. In these operating phases the nitrogen oxide adsorbent is in the adsorption enterprise, in which it buffers the then increased nitrogen oxides adsorptive resulting in the exhaust gas, usually in nitrate form.

The introduction of the desorption operating phase the exhaust air relationship becomes lambda of this lean value lambda M on a certain minimum initial fat value lambda min lowered. The realization of this Lambdasprungs made in conventional manner z. B. by corresponding Anfeuchtung of the source of burn burned air/fuel mixture and/or a reducing agent injection in the Abgastrakt upstream the nitrogen oxide adsorbent. Subsequent one becomes during a corresponding period $t_d = \text{width unit} - T_A$ the desorption enterprise performed, during that the exhaust air relationship lambda in the fat range, D. h. the bottom stoichiometric value one, held becomes. Then the normal lean enterprise of the source of burn and therefore by to desorption-to the adsorption enterprise of the nitrogen oxide adsorbent one changes over. During the desorption operating phase the exhaust air relationship becomes lambda of the initial minimum fat value lambda min up to a END fat value lambda ends to raised, which is present at the latest for the end-time of width unit of the desorption operating phase and still in the fat range lies, however significant more near at the stoichiometric value one than the initial minimum fat value lambda min.

To beginning TA of the desorption enterprise on the one hand as strong a decrease of the exhaust air relationship as possible is lambda, D. h. the provision of as much as possible reducing agent, desired, in order to avoid any nitrogen oxide break-throughs with the change-over of adsorption on desorption enterprise. On the other hand the decrease of the exhaust air relationship is lambda limited by the fact that a too strong decrease causes the risk of the soot formation and in the case of an internal combustion engine its quiet running impaired. The initial minimum fat value lambda min becomes a selected therefore in dependence by the concrete circumstances given of the source of burn and by their instantaneous operating point, whereby it shows up that the minimum fat value is appropriate lambda for min preferred in the range between approximately 0.6 and about 0.7. Very rapid adjusting of this minimum air ratio lambda min leads to a large reducing agent stream and in this way to the desired minimization of eventual nitrogen oxide break-throughs.

The other choice of the exhaust air relationship after started desorption enterprise the subsequent considerations are the basis. On the one hand a possible retention of the minimum fat value lambda min during the desorption enterprise as rapid a regeneration of the nitrogen oxide adsorbent as possible and has only a minimum higher fuel consumption to the sequence. On the other hand, if the desorption enterprise from regulation-technical reasons, in particular due to process-conditional dead times, persists to prolonged, the arising reducing agent slip is large, if the exhaust air relationship lies to this time still strong in the fat range. The reducing agent slip the affected entire eating ions negative, there here z. B. unburnt hydrocarbons and carbon monoxide as pollutants emitted become.

It is favourable therefore, the exhaust air relationship at the latest against end of the desorption operating phase of the initial minimum fat value lambda min on more near the END fat value located at the stoichiometric value one lambda ends to raise, for example at the latest if the critical period of the air relationship change is fat overcome by leaner after, while the one nitrogen oxide break-through can occur. Fig. 1 shows possible an in principle time course lambda 1 of the air ratio, which carries and in this case a concave cam shape for these considerations calculation has. The END fat value lambda end becomes in each case a so selected that it is appropriate for still sufficient far from the stoichiometric value one remote in the fat range, in order to supply to the nitrogen oxide adsorbent still sufficient reducing agents and to let the regeneration complete and rapid run off. It is shown the fact that thereby a END fat value lambda end in the range between approximately 0.85 and to particularly satisfactory results leads about 0.95, although also smaller or larger END fat values lambda end to in principle suitable are. If the regeneration phase persists now from regulation-technical reasons something to prolonged, then the reducing agent slip resultant from it remains a relative small, since by more near the END air ratio located at the stoichiometric value one lambda end in this period no longer as much to reducing agents in the exhaust gas is contained as with adjustment of the minimum fat value lambda min.

Fig. 2 an illustrated strategy for adjustment the exhaust air relationship lambda during the desorption operating phase, with the not as early as in the example of Fig. 1 the exhaust air relationship lambda of the minimum initial fat value lambda min toward the END of fat value lambda end to raised becomes. Rather the minimum exhaust air relationship is maintained lambda min for a suitable, longer period, what keeps the fuel increased consumption comparatively small. This proceeding is based to D on the calculation of a theoretical minimum regeneration duration t_{tm} . h. the period up to the essentially complete regeneration of the nitrogen oxide adsorbent, which can be expected at least depending upon selected course of the exhaust air relationship lambda. This calculation of the theoretical minimum regeneration duration can take place in one that for this the expert common manners, like it z. B. in the initially mentioned state of the art described are. It is for example possible by a modeling of the nitrogen oxide crude eating ions of the source of burn as well as the adsorption and the desorption behavior of the used nitrogen oxide adsorbent. If necessary the end of the respective desorption operating phase knows instrumentation z. B. on the basis the signal downstream the nitrogen oxide adsorbent disposed Lambdasonde certain and thus an adaptation of the used computer model to the actual measured ratios provided become.

Beginnings of a desorption operating phase becomes thus with in Fig. 2 illustrated methods again first that the bottom condition of an unimpaired other operation of the source of burn minimum possible air ratio lambda min adjusted and the simultaneous theoretical minimum regeneration duration t_{tm} for the lining up desorption operating phase calculated. In order the change of the minimum air ratio lambda min to the air ratio lambda end at the end of the desorption operating phase for the source of burn achievement-neutral, in the case of an internal combustion engine torque-neutral, to regulate, is a certain achievement readjusting duration t_{reg} required, D. h. with an internal combustion engine a minimum period, which corresponds to a certain minimum number of operating periods. So that the desorption operating phase with as small an fuel increased consumption as possible can become effected, therefore the minimum air ratio is maintained lambda min at the most for the theoretical necessary minimum regeneration duration t_{tm} less this achievement readjusting duration t_{reg} for the Lambdawechsel. With changes of the air ratio lambda during the desorption opposite the assumptions with the calculation of the theoretical minimum regeneration duration t_{tm} latter current by corresponding new calculation adapted become. The course of the exhaust air relationship lambda during the desorption operating phase, resultant with this proceeding, is in Fig. 2 by a characteristic lambda 2 represented. Like apparent from it, after reaching the END fat value lambda end the desorption enterprise still for a certain period t_s maintained, while that can become checked whether the desorption of the nitrogen oxide adsorbent is also actual already complete made, before then the desorption operating phase becomes terminated by transition for the lean enterprise of the source of burn and the nitrogen oxide adsorbent works again in the adsorption enterprise.

In order to avoid that an eventual slight false computation of the minimum regeneration duration t_{tm} to late reaching of the END fat value lambda end and so that to a reducing agent slip leads it is preferred provided to before-shift the beginning of the elevation of the exhaust air relationship around one safety time duration t_c . D. h. the minimum air ratio lambda min is maintained for a period $T_M = t_{tm} t_{reg} t_c$, which corresponds to the calculated minimum regeneration duration t_{tm} less the achievement readjusting duration t_{reg} and less the safety time duration t_c . The safety time duration

becomes to as a applizierbare size predetermined, those in dependence of the concrete conditions of the source of burn, with an automobile engine z. B. dependent of the engine conditions and the running condition, variable selected will can. The elevation of the exhaust air relationship taking place in accordance with this variant λ is in Fig. 2 on the basis a dash-dotted characteristic λ_3 represented.

In Fig. 2 illustrated proceeding, which makes use from a calculated minimum regeneration duration, an ensured minimization of the reducing agent slip at the end of the desorption operating phase and an fuel consumption-optimum flow of the desorption of the nitrogen oxide adsorbent.

Beside into the Fig. 1 and 2 concave waveforms shown of the exhaust air relationship λ latter also in accordance with other functional time dependences of the minimum fat value λ_{\min} can do on the END fat value λ_{end} to raised to become. Some related possibilities are in the Fig. 3 to 6 shown.

In the example of Fig. 3 a made precipitous, single-step elevation of the exhaust air relationship λ in accordance with a stair curve λ_4 . Therefore the exhaust air relationship becomes λ for an initial period T_1 on the minimum fat value λ_{\min} held, before it suddenly on the END fat value λ_{end} to raised and there for the residual period t_2 of the desorption operating phase held becomes.

In the example of Fig. 4 the made elevation of the exhaust air relationship λ in accordance with a multistage stair function λ_5 in several stages, until it to a certain time time during the desorption operating phase the END fat value λ_{end} to achieved has and up to the end of the desorption enterprise held becomes there.

Fig. 5 an illustrated procedure example, with which the exhaust air relationship λ in accordance with a straight one λ_6 of linear from the minimum initial fat value λ_{\min} on the END fat value λ_{end} raised becomes.

Fig. a procedure example shows 6, with which the exhaust air relationship λ during the desorption operating phase in accordance with a convex curve λ_7 of the initial fat value λ_{\min} on the END fat value λ_{end} raised becomes.

The various, above described embodiments clarify that by the invention process a nitrogen oxide adsorbent in an advantageous manner can be regenerated, as beginnings of the desorption procedure the exhaust air relationship becomes rapid lowered on a minimum fat value, so that immediately sufficient reducing agent is available, in order to avoid a nitrogen oxide break-through, and in the other course the desorption operating phase the air ratio on one more near at the stoichiometric value one located final value λ_{end} raised becomes, so that even during a slight excess of the actual necessary desorption duration no significant reducing agent slip arises.